



(19) RU (11) 2 099 813 (13) С1
(51) МПК⁶ Н 01 L 21/308

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 95120480/25, 05.12.1995

(46) Дата публикации: 20.12.1997

(56) Ссылки: 1. Физико-химические методы обработки поверхности полупроводников / Под ред. Б.Д.Луфт. - М.: Радио и связь, 1982, с.119 - 121. 2. Xiang-Zheng Tu.I.Electrochem. Soc. 1988, v.135, N 8, p. 2105.

(71) Заявитель:
Научно-исследовательский институт измерительных систем

(72) Изобретатель: Скупов В.Д., Переvoщиков В.А., Шенгурев В.Г.

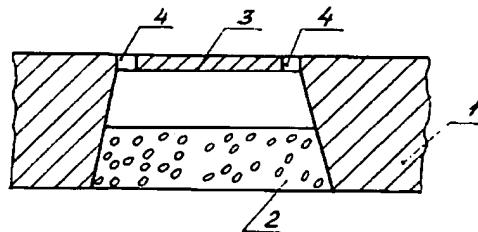
(73) Патентообладатель:
Научно-исследовательский институт измерительных систем

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ МЕМБРАН В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ

(57) Реферат:

Способ формирования мембран в монокристаллической кремниевой подложке. Использование: в области технологии производства полупроводниковых приборов. Сущность изобретения: для формирования мембран наносят защитное покрытие на поверхность кремния, производят вскрытие в защитном покрытии окон и формируют через окна на неработающей стороне подложки слой пористого кремния на заданную глубину путем анодной обработки в растворе фтористоводородной кислоты, затем нерабочую сторону подложки защищают химически стойким покрытием, а на рабочей стороне подложки в слое

монокристаллического кремния создают отверстия до пористого кремния и производят удаление пористого кремния травлением в растворе щелочи, дополнительно содержащем этиленгликоль. 1 ил.



R
U
2
0
9
9
8
1
3
C
1

C
1
3
1
3
8
9
9
0
2
R
U



(19) RU (11) 2 099 813 (13) C1

(51) Int. Cl. 6 H 01 L 21/308

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 95120480/25, 05.12.1995

(46) Date of publication: 20.12.1997

(71) Applicant:
Nauchno-issledovatel'skij institut
izmeritel'nykh sistem

(72) Inventor: Skupov V.D.,
Perevoshchikov V.A., Shengurov V.G.

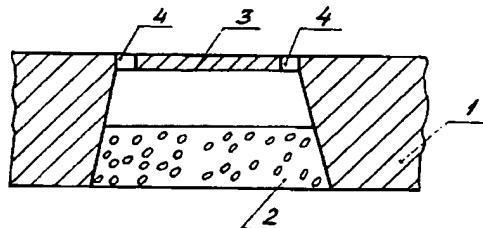
(73) Proprietor:
Nauchno-issledovatel'skij institut
izmeritel'nykh sistem

(54) PROCESS FORMING MEMBRANES IN MONOCRYSTALLINE SILICON SUBSTRATE

(57) Abstract:

FIELD: manufacture of semiconductor devices. SUBSTANCE: protective coat is deposited on surface of silicon when forming membranes, windows are open in protective coat and layer of porous silicon of specified depth is formed through windows on nonworking side of substrate by anode treatment in solution of hydrofluoric acid. Then nonworking side of substrate is protected by chemically stable coat. Holes up to porous silicon are formed on working side in layer of monocrystalline silicon and porous silicon is removed by etching in

solution of alkali containing ethylene glycol in addition. EFFECT: expanded application field and increased efficiency of process. 1 dwg



R U
2 0 9 9 8 1 3
C 1

R U ? 0 9 9 8 1 3
C 1

RU 2099813 C1

полупроводниковых приборов и предназначено для изготовления ряда полупроводниковых приборов, функциональное назначение которых требует формирования активных областей на тонких мембранных, например фото- и электронно-чувствительные матрицы, тензодатчики, газовые сенсоры и т.п. Во всех случаях мембранные формируют путем глубокого локального травления монокристаллической подложки с нерабочей стороны до получения мембранные заданной толщины на рабочей стороне, на которой на последующих технологических операциях создаются активные области полупроводникового прибора.

Известен способ получения мембранных в кремниевых подложках путем локального анизотропного травления на заданную глубину с нерабочей стороны в травителях специального состава, обеспечивающих преимущественное травление материала в определенных кристаллографических направлениях [1]. Наибольшее распространение для кремния получили травители на основе щелочей (КОН), обработка которых проводится при повышенных (до 370 К) температурах.

Недостатками этого способа являются:
ограничения по кристаллографической ориентации кремниевых подложек;
наличие значительного бокового подтравливания материала при создании тонких мембранных;
повышенные температуры обработки, увеличивающие вероятность неконтролируемой модификации свойств исходного кремния, в частности, за счет загрязнения быстродиффундирующими примесями и продуктами химической реакции растворения;
низкая прочность мембранных структур, обусловливающая невысокий процент выхода годных приборов.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому является способ получения кремниевых мембранных, описанный в [2]. Этот способ включает нанесение на подложку защитного слоя, вскрытие с помощью фотолитографии в защитном слое окон, формирование через окна на заданную глубину пористого кремния путем анодной обработки в травителе на основе фтористоводородной кислоты и этанола в течение определенного времени при постоянной плотности тока через электролитическую ячейку (50 mA/cm^2) и последующее удаление пористого кремния в растворе щелочи. Для получения структур заданной геометрической конфигурации в [2] используют, кроме того, облучение кремния протонами и ионами азота, а также высокотемпературные отжиги. Эти дополнительные операции не являются обязательными и служат, главным образом, для локализации процессов создания мембранных на кремнии p-типа проводимости.

В отличие от [1] способ [2] позволяет получать мембранные структуры на кремниевых подложках с любой кристаллографической ориентацией подложек.

Недостаток известного способа, принятого за прототип, в том, что мембранные

имеют низкую механическую прочность, снижающую процент годных структур.

Технический результат увеличение выхода годных структур за счет повышения их механической прочности.

Технический результат достигается тем, что в способе формирования мембранных в монокристаллической кремниевой подложке, включающем нанесение защитного покрытия на поверхность кремния, вскрытие в защитном покрытии окон, формирование через окна на нерабочей стороне подложки пористого кремния на заданную глубину путем анодной обработки в растворе фтористоводородной кислоты и удаление пористого кремния травлением в растворе щелочи, перед удалением пористого кремния нерабочую сторону подложки защищают химически стойким покрытием, а на рабочей стороне подложки в слое монокристаллического кремния создают отверстия до пористого кремния, через которые удаляют пористый кремний на заданную глубину в растворе щелочи, дополнительно содержащем этиленгликоль.

Новым в заявлении способе, необнаруженном авторами при анализе патентной и научно-технической литературы, является то, что перед удалением пористого кремния нерабочую сторону подложки защищают химически стойким покрытием, а на рабочей стороне подложки в слое монокристаллического кремния создают отверстия до пористого кремния, через которые удаляют пористый кремний на заданную глубину в растворе щелочи, дополнительно содержащем этиленгликоль.

Таким образом, заявляемое техническое решение отвечает критериям изобретения "новизна" и "изобретательский уровень".

Технический результат при реализации заявляемого способа достигается за счет того, что при травлении пористого кремния через предварительно созданные отверстия на рабочей стороне подложки (мембранные) и одновременной защите нерабочей стороны химически стойким покрытием можно получать воздушный зазор любой заданной толщины между мембранными и слоем пористого кремния, прилегающим к нерабочей стороне подложки. Наличие воздушного зазора обеспечивает требуемые от мембранных в данном типе прибора функциональные свойства, а оставшийся нетравленным слой пористого кремния вблизи нерабочей стороны повышает механическую прочность всей структуры, благодаря чему увеличивается выход годных структур с мембранными. Заданная толщина монокристаллической мембранны определяется глубиной, на которую анодной обработкой с нерабочей стороны сформирован слой пористого кремния. При травлении пористого кремния через отверстия на рабочей стороне в растворе щелочи с этиленгликolem при одновременной химической защите нерабочей стороны подложки толщина монокристаллической кремниевой мембранны остается постоянной.

Схематическое изображение получаемой с помощью заявляемого способа структуры с мембранными показано на чертеже, где обозначено: 1 - монокристаллическая кремниевая подложка; 2 слой пористого

Р
У
2
0
9
8
1
3
С
1

формирования воздушного зазора между мембраной - 3 и пористым кремнием 2; 4 отверстия в мемbrane, через которые осуществляют подачу раствора щелочи с этиленгликолем и травлением пористого кремния.

Заявляемый способ реализуют следующим образом. Обе стороны кремниевой подложки защищают химически стойким покрытием (например, фоторезистом или химически стойким лаком), оставляя на поверхности нерабочей стороны незащищенные области заданной конфигурации, в которых формируют затем пористый кремний. Пористый кремний создают анодной обработкой пластин в растворе фтористоводородной кислоты по стандартной технологии путем пропускания электрического тока через электрохимическую ячейку, в которой анодом служит кремниевая подложка, а катодом платиновая пластина. После формирования слоя пористого кремния заданной глубины, которая определяется требуемой толщиной монокристаллической мембранны, подложку извлекают из электрохимической ячейки, промывают от остатков электролита, сушат и наносят на нерабочую сторону (на участки с пористым кремнием) химически стойкое покрытие. Затем на рабочей стороне подложки над областями с пористым кремнием стандартными технологическими приемами (например, фотолитографии) вскрывают в защитном покрытии области и вытравливают отверстия в монокристаллической мемbrane. Глубина отверстий должна быть не меньше толщины мембранны, а размеры в плоскости поверхности рабочей стороны меньше размеров области проекций на эту сторону слоя пористого кремния. Планарную конфигурацию отверстий (квадрат, прямоугольник, круг и т. д.) выбирают в зависимости от функционального назначения мембранны и требований к площади ее поверхности, а также в соответствии с необходимостью оптимизации технологического процесса. После вытравливания отверстий осуществляют химическое травление пористого кремния в реакционном сосуде в растворе щелочи с этиленгликолем, например 10–25%-ным раствором гидроокиси натрия или калия и этиленгликоля, взятых соответственно в соотношении (3–10):(0,5–8) об. части. Этиленгликоль необходимо вводить в раствор травителя для подавления процесса химического травления монокристаллического кремния и обеспечения более равномерного травления пористого кремния. Травление проводят при температуре из интервала 25–35°C в условиях динамического перемешивания травителя для эффективного проникновения раствора травителя в отверстия и отвода продуктов реакции и получения поверхностей, ограничивающих образующийся воздушный зазор, с минимальной величиной неровности микрорельефа. Путем выбора состава травителя и задания длительности травления получают требуемую толщину воздушного зазора между монокристаллической мембранны и слоем пористого кремния. После травления и отмыки удаляют защитные покрытия с обеих сторон и готовую структуру

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60

технологоческие операции. Заявляемый способ позволяет проводить изготовление структур по групповой технологии, т.е. одновременно на одной кремниевой подложке формировать несколько композиций с мембранными.

Пример 1. На кремниевых пластинах марки КДБ-0,1 толщиной 0,3 мм прямоугольной формы (ширина 5 мм, длина 20–25 мм) с ориентацией поверхности [001] изготавливали структуры с мембранными по известному и заявляемому способам. Толщина мембранны составляла 15 ± 3 мкм, размеры в плоскости поверхности пластины 3×3 мм. На каждой пластине изготавливали 4 мембранны с расстоянием между ними 2,0–2,2 мм.

При использовании способа-прототипа сначала на пластинах формировали слои пористого кремния путем анодной обработки в 30%-ном растворе фтористоводородной кислоты при плотности тока через электрохимическую ячейку 30 мА/см², а затем вытравливали с нерабочей стороны пористый кремний в 20%-ном растворе гидроокиси натрия и этиленгликоля в соотношении 5:0,5 (об. части) при 20°C.

При изготовлении структур по заявляемому способу травление пористого кремния осуществляли с рабочей стороны (т.е. со стороны с мембранны) при подаче травителя указанного состав через предварительно созданные прямоугольные отверстия размером 0,3×1,1 мм.

Толщина пористого кремния, оставляемого вблизи нерабочей стороны, составляла 70–100 мкм, т.е. толщина воздушного зазора между пористым кремнием и мембранны была 185–215 мкм.

После изготовления все полученные структуры испытывали на механическую прочность по методу консольного изгиба пластины, нагруженной на свободном конце сосредоточенной силой. Эксперименты показали, что критическое напряжение разрушения пластины с мембранными, изготовленными по способу-прототипу, составляли $23 \pm 1,6$ МПа, а структуры, изготовленные по заявляемому способу, разрушались при критическом напряжении 507 ± 12 МПа при толщине воздушного зазора 215 мкм и $614 \pm 12,8$ МПа при зазоре 185 мкм. Следовательно, структуры, изготовленные по заявляемому способу, имеют механическую прочность почти в 30 раз более высокую по сравнению с чисто мембранными конструкциями, сформированными известным способом.

Пример 2. На пластинах кремния марки КДБ-0,01 толщиной 0,3 мм с ориентацией поверхности [001] формировали мембранны для изготовления из них газочувствительных металлоксидных элементов для газовых датчиков. Размер мембранны составлял 1,6×1,6×0,008 мм. На одной части пластин мембранны формировали по известному способу, а на другой по заявляемому с созданием воздушного зазора толщиной 100 мкм между мембранны и слоем пористого кремния. Далее пластины разделяли на отдельные элементы (кристаллы) размером 3×3 мм на станке мод. ЭМ-215 алмазным диском с наружной режущей

C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1

R U ? 0 9 9 8 1 3 C 1

металлографического микроскопа оценивали количество годных элементов с неразрушенными мембранами. Всего было исследовано по 300 образцов с мембранными, полученными известным и заявляемым способами. В первом случае выход годных составил 38% а во втором 86%

Таким образом, поставленная цель изобретения повышение выхода годных структур с мембранными при реализации заявляемого способа достигнута.

Формула изобретения:

Способ формирования мембран в монокристаллической кремниевой подложке, включающий нанесение защитного покрытия

защитном покрытии окон, формирование через окна на нерабочей стороне подложки пористого кремния на заданную глубину путем анодной обработки в растворе фтористоводородной кислоты и удаление пористого кремния травлением в растворе щелочи, отличающейся тем, что перед удалением пористого кремния нерабочую сторону подложки защищают химически стойким покрытием, а на рабочей стороне подложки в слое монокристаллического кремния создают отверстия до пористого кремния, через которые удаляют пористый кремний на заданную глубину травлением в растворе щелочи, дополнительно содержащем этиленгликоль.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

R U 2 0 9 9 8 1 3 C 1

DERWENT-ACC-NO: 1998-375990

DERWENT-WEEK: 199832

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Membrane in mono-crystallic silicon base forming method
- involves application of protective coating on silicon surface, making openings in protective coating, forming porous silicon on base surface and removal of porous silicon

INVENTOR: PEREVOSHCHIKOV, V A; SHENGUROV, V G ; SKUPOV, V D

PATENT-ASSIGNEE: MEASURING SYSTEMS RES INST[MEASR]

PRIORITY-DATA: 1995RU-0120480 (December 5, 1995)

PATENT-FAMILY:

| PUB-NO | PUB-DATE | LANGUAGE | PAGES |
|--------------------------|-------------------|----------|----------|
| MAIN-IPC | | | |
| RU 2099813 C1 021/308 | December 20, 1997 | N/A | 004 H01L |

APPLICATION-DATA:

| PUB-NO | APPL-DESCRIPTOR | APPL-NO | APPL-DATE |
|----------------------|-----------------|----------------|-------------|
| RU 2099813C1 1995 | N/A | 1995RU-0120480 | December 5, |

INT-CL (IPC): H01L021/308

ABSTRACTED-PUB-NO: RU 2099813C

BASIC-ABSTRACT:

In order to form membranes a protective coating is applied on the silicon surface (1), openings are made in the protective coating and a layer of porous silicon (2) is formed to a set depth through the openings on the base passive side by anodic treatment in hydrofluoric acid solution. The base passive surface is protected by a chemically resistant coating. Openings are made to the porous silicon on the base working side in the mono-crystallic silicon layer (1) and the porous silicon (2) is removed by etching in an alkali solution containing ethylene glycol. The porous silicon etching is carried out at the working side i.e. at the side with the membrane and the etching agent is supplied through the rectangular openings of 0.3-1.1 mm size. The thickness of the porous silicon remaining close to the passive side is equal to 70-100 microns, i.e. the thickness of air clearance between the porous silicon and the membrane constitutes 185-215 microns.

USE - In production of semiconducting devices.

ADVANTAGE - Quality products output is increased by improving their mechanical strength.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/1

TITLE-TERMS: MEMBRANE MONO SILICON BASE FORMING METHOD APPLY PROTECT COATING SILICON SURFACE OPEN PROTECT COATING FORMING POROUS SILICON BASE

SURFACE REMOVE POROUS SILICON

DERWENT-CLASS: U11

EPI-CODES: U11-C04D; U11-C07C1;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1998-293982